

**ESTUDIO DE VIABILIDAD EN APLICACIÓN DE POLIESTER  
DICICLOPENTADIENICO (DCPD) ADICIONADO CON CARBONATO DE  
CALCIO ( $\text{CaCO}_3$ ) PARA ACABADOS INTERIORES EN VIVIENDAS DE  
INTERES SOCIAL.**

**MONICA ANDREA SANTANDER LÓPEZ**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES  
Santiago de Cali, 2012**

**ESTUDIO DE VIABILIDAD EN APLICACIÓN DE POLIESTER  
DICICLOPENTADIENICO (DCPD) ADICIONADO CON CARBONATO DE  
CALCIO ( $\text{CaCO}_3$ ) PARA ACABADOS INTERIORES EN VIVIENDAS DE  
INTERES SOCIAL.**

**MONICA ANDREA SANTANDER LÓPEZ**

**Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero de Materiales**

**Director:**

**ING. FRED ALBAN ACHINTE**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES  
PROGRAMA INGENIERIA DE MATERIALES  
Santiago de Cali 2012**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

**Evaluador**

---

---

**Santiago de Cali, 16 marzo del 2012**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A DIOS QUE ES MI GUIA Y SIEMPRE ME HA LLEVADO DE LA MANO EN LOS MOMENTOS MAS DIFICILES.**

**A MI MADRE Y A MI PADRE POR SU APOYO INCONDICIONAL DURANTE TODA MI VIDA.**

**A MI ESPOSO DENNIS Y MIS HIJOS ALEJANDRO Y SERGIO POR SU APOYO Y GRAN AMOR.**

**AL PROFESOR FRED ALBAN, POR SU COMPRENSION Y POR DARME LA OPORTUNIDAD DE CULMINAR ESTA ETAPA.**

**A MI GRAN AMIGA CONSTANZA GUTIERREZ, POR SU APOYO INCONDICIONAL.**

**AL SR JORGE CORREA, AL ING. JULIO CUEVAS POR SU COLABORACION.**

## **CONTENIDO**

### **RESUMEN**

### **INTRODUCCION**

#### **1. DEFINICION DEL PROBLEMA**

#### **2. JUSTIFICACION**

#### **3. OBJETIVOS**

##### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

##### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

#### **4. ESTADO DEL ARTE 20**

##### **4.1 MATERIALES COMPUESTOS 20**

##### **4.2 RESINA DE POLIESTER 21**

##### **4.2.1 Tipos de resina de poliester 22**

###### **4.2.1.1 Resina de poliéster tixotrópica 24**

###### **4.2.1.2 Resinas DCPD de bajo contenido en estireno 24**

##### **4.2.2 Endurecimiento y maduración 27**

##### **4.3 CARGAS 28**

###### **4.3.1 Carbonato de calcio 29**

#### **5. METODOLOGIA EXPERIMENTAL 32**

##### **5.1 SELECCIÓN DE MATERIALES 32**

<b>5.2 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA</b>	<b>32</b>
<b>5.3 CARACTERIZACIÓN DE LA RESINA P436 Y LA MEZCLA OPTIMA</b>	<b>34</b>
5.3.1. Prueba Térmica ( Ensayo de curado)	34
5.3.2. Pruebas mecánica	35
5.3.2.1. Ensayo de tensión	35
5.3.2.2. Ensayo de flexión	36
5.3.2.3 Ensayo de adherencia.	36
<b>5.4 METODO DE APLICACION</b>	<b>38</b>
<b>6.RESULTADOS Y ANÁLISIS</b>	<b>46</b>
6.1. MATERIA PRIMA	46
6.1.1. RESINA DE POLIESTER P436 TIXOTROPICA	46
6.1.2 MEZCLA OPTIMA	48
<b>7. ESTUDIO ECONÓMICO</b>	<b>54</b>
7.1 CONSIDERACIONES	54
7.2 BENEFICIOS DEL USO DE RESINA P436	54
<b>8. INFORMACIÓN DE SALUD INDUSTRIAL</b>	<b>55</b>
<b>9. CONCLUSIONES</b>	<b>58</b>
<b>10. REFERENCIAS</b>	<b>59</b>
<b>7. ANEXOS</b>	<b>60</b>

## **LISTA DE TABLAS**

<b>Tabla 1. Características fisicoquímicas del agregado</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 2. Porcentajes de la mezcla optima</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 3. Tiempos de gel Resina P436</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 4. Propiedades de la Resina P436</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 5. Tiempos de gel de la mezcla</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 6. Tiempos de gel Resina P436</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 7. Viscosidad de Resina P436 y mezcla</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 8. Resistencia química de la mezcla optima</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 9. Tabla de datos resistencia quimica</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 10. Costo de mezcla por metro cuadrado</b>	<b>54</b>

## **LISTA DE ANEXOS**

**ANEXO 1.** GRAFICA DE ESFUERZO TENSION VS DEFORMACION DE LA RESINA P436 Y DE LA MEZCLA.

**ANEXO 2. .** GRAFICA DE ESFUERZO FLEXION VS DEFORMACION DE LA LA RESINA P 436 Y MEZCLA .

**ANEXO 3.** GRAFICA DE VISCOSIDAD DE LA RESINA P 436 Y MEZCLA



## RESUMEN

En el siguiente trabajo se presentan los resultados del comportamiento físico, mecánico, químico que presenta de un tipo de resina poliéster dicitopentadineica de referencia P436 tixotrópica adicionada con carbonato de calcio y pigmento para ser utilizado en paredes de baños y cocinas en viviendas de interés social para minimizar costos. Para obtener una buena aplicación y un buen acabado, se realizaron ensayos para determinar la cantidad óptima de carbonato de calcio a emplear en la aplicación. También se desarrolló un método efectivo para la aplicación de esta mezcla en las paredes.

Se prepararon muestras con la mezcla óptima encontrada y se sometieron a ensayos de tiempo de gel, tensión, flexión, adherencia, resistencia química, absorción de agua.

**Palabras claves:** resina poliéster de dicitopentadineica, Tixotropía, Carbonato de calcio,

## INTRODUCCION

La evolución de la humanidad ha estado marcada por el desarrollo y perfeccionamiento de nuevos materiales, que contribuyen a la invención tecnológica y en general, a tener un mayor conocimiento sobre el origen y utilidad de ellos.

El reto actual en el campo de los materiales compuestos de matriz polimérica consiste en encontrar las mejores asociaciones de carga - matriz, que permitan obtener una mejor sinergia de sus propiedades y por ende la obtención de materiales mejorados con mayores tiempos de vida útil. Un material compuesto es una combinación de materiales insolubles entre sí, los cuales dan lugar a un nuevo material con propiedades y características específicas, que difieren de las propiedades intrínsecas de sus componentes. En los materiales compuestos se puede identificar una fase continua, constituida por la matriz, y otra fase discontinua, llamada refuerzo . Las cargas más utilizadas en compuestos de matriz polimérica son: talco, carbonato de calcio, cuarzo, alúmina trihidratada, grafito, sílicas y fibra de vidrio. En las últimas décadas, el uso de estos materiales ha generado grandes expectativas tanto a nivel científico como tecnológico debido a su gran facilidad de producción, bajos costos, baja densidad, alta resistencia química y resistencia a la ruptura, entre otras. Sus propiedades pueden ser modificadas variando el contenido y tipo de carga mineral, al igual que el polímero que sirve como matriz. En particular, los materiales compuestos de matriz polimérica termofija, se forman por la inclusión de un material relleno

durante la etapa de formación o moldeo . Los rellenos son generalmente cargas minerales que incrementan la resistencia mecánica del material y que presentan interacciones favorables con las cadenas de polímeros bien sea a través del establecimiento de enlaces químicos o a través de la oclusión de cadenas en la estructura macroporosa generada por la agregación de las partículas. El incremento en las propiedades mecánicas, principalmente, se debe a dos factores; incremento en la viscosidad del medio; originado por la inclusión de las partículas minerales y a la disminución de la movilidad de las cadenas poliméricas.

Para obtener una mezcla , con la cual se pretende reemplazar la cerámica tradicional en aplicaciones sanitarias y decorativas, se parte de una matriz polimérica reforzada principalmente con carbonato de calcio debido a su bajo costo y que es un material de fácil acceso. Las resinas poliéster son materiales promisorios para ser empleados como matrices para el desarrollo de mármoles sintéticos puesto que son buenos aislantes térmicos y eléctricos, anticorrosivos, tienen alta resistencia mecánica y son más livianos que los materiales convencionales .Recientemente se ha despertado un gran interés hacia las resinas de poliéster insaturado modificadas con dicitlopentadieno (DCPD). Históricamente en Europa las resinas con base de anhídrido ortoftálico han cubierto la mayor parte del consumo de resinas de poliéster insaturado. Las resinas DCPD ya se habían introducido en Estados Unidos a principios de los ochenta y progresivamente han ido reemplazando una importante cuota de

mercado de las resinas UP ortoftálicas estándar en la industria del composite. En Estados Unidos el principal motivo del cambio ha sido la posibilidad de reducir el contenido de estireno de las resinas, pasando de aproximadamente un 42% a un 35% y el bajo coste del monómero DCPD en comparación con el anhídrido ortoftálico.

El propósito del presente trabajo es la obtención de una mezcla optima con este tipo de resina con baja emisión de estireno y carbonato de calcio para la aplicación en paredes de baños y cocinas en viviendas de interés social, y evaluación de las propiedades de esta mezcla para su posible aplicación.

## **1. DEFINICION DEL PROBLEMA**

EL Déficit de vivienda es un problema generalizado de los países en vía de desarrollo al cual Colombia no es ajeno; como respuesta el gobierno nacional propicio la creación de soluciones habitacionales económicas como la Vivienda de interés social (VIS) y algunas políticas relacionadas con subsidios para facilitar su compra. Por otra parte, las constructoras en el proceso de diseño de esta nueva solución habitacional, crearon viviendas cuyos procesos de construcción en masa exigían una reducción en sus costos para garantizar precios de venta económicos; de esta forma se concibió la entrega de viviendas con procesos de acabados de construcción incompletos para así poder reducir los precios de venta.

Las posibilidades que tiene esta población para terminarlas es casi nula teniendo en cuenta que al adquirir este tipo de vivienda quedan con una deuda durante muchos años. Se pretende encontrar una nueva alternativa económica a base de resina de poliéster y carbonato de calcio para aplicarla en paredes de baños y cocinas en reemplazo de la cerámica tradicional con la cual se puede entregar una casa de interés social con al menos estos acabados y a un precio mas bajo que la cerámica tradicional.

## **2. JUSTIFICACION**

El estudio de esta nueva alternativa puede generar beneficios económicos al sector productivo y a la comunidad, en los que se buscan entregar una casa de interés social con buenos acabados en paredes de cocinas y baños a base de resina de poliéster tixotrópica DCPD y carbonato de calcio.

Como es sabido la resina de poliéster cuenta con propiedades excelentes que ayudan. Los acabados en una vivienda son aquellos aspectos de la misma que nos proporcionan satisfacción en cuanto a comodidad y atractivo visual. En términos generales, los acabados son los que ponen bonita la vivienda. A esta parte de la construcción también se le ha llamado “obra blanca” y comprende especialmente los acabados para pisos, muros, baños, cocinas, fachadas, cielorrasos, puertas, ventanas, escaleras, barandas. Realizar cada uno implica una especialización en construcción.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

-Efectuar el estudio teórico y experimental que permita la utilización de un tipo de resina de poliéster tixotrópica dicitlopentadineica adicionada con carbonato de calcio para ser aplicado en paredes de cocina y baños de casas de interés social, reemplazando la cerámica tradicional, teniendo en cuenta calidad, bajo costo y mínimo impacto ambiental.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Encontrar las cantidades óptimas de resina, mek y carbonato de calcio para la mezcla.
- Realizar caracterización física (densidad, contracción), mecánica (resistencia a flexión, resistencia a la adherencia y a tracción)y térmica (pico exotérmico, tiempo de gel y de curado) a la mezcla.
- Desarrollar un método efectivo de aplicación de esta resina sobre la superficie.
- Realizar un estudio de costo-beneficio sobre el uso de la mezcla de resina de poliéster.

## **4. ESTADO DEL ARTE**

### **4.1 MATERIALES COMPUESTOS**

Un material compuesto es un sistema consistente de dos o más fases en una escala macroscópica, cuyo comportamiento mecánico y propiedades están diseñados para ser superiores a aquellos materiales que lo constituyen cuando actúan independientemente. Una de las fases es usualmente discontinua, conocida regularmente como fibra la cual es un material rígido y otra fase débil en continuo que es llamada matriz. Las propiedades de un material compuesto dependen de las propiedades de los elementos, geometría, y distribución de las fases. Uno de los parámetros más importantes es la fracción en volumen o en peso de cargas, pigmentos en el material compuesto. Se debe mezclar bien cada aditivo después del otro. La distribución determina la homogeneidad o uniformidad del sistema del material. Lo menos uniforme es la distribución del refuerzo, lo más heterogéneo causará una alta probabilidad de falla en las áreas débiles. La geometría y orientación del refuerzo afecta la anisotropía del sistema. La matriz en cierta forma es el principal elemento que soporta cargas gobernando las propiedades mecánicas del material. Los materiales compuestos con interfases débiles tienen una resistencia y rigidez relativamente bajas pero una alta resistencia a la rotura, mientras que los materiales con interfaces fuertes tienen una resistencia y rigidez altas pero son muy frágiles.



## **4.2 RESINA DE POLIESTER**

La resina es un material plástico creado en 1933, derivado del petróleo. Es un material de múltiples aplicaciones y usos, muy resistente y versátil. En estado bruto, la resina, es un líquido de consistencia viscosa translúcida o transparente, dependiendo su color del tipo de resina. Endurece o gelifica al sumarle dos componentes, catalizador y acelerador, comenzando a reaccionar químicamente. Desarrolla calor, pasando de estado viscoso a gelatinoso, para posteriormente endurecerse en forma irreversible. Este proceso se llama polimerización: reacción por la cual pequeñas moléculas que están en un cuerpo se unen y forman moléculas gigantes, conformando el material. La resina poliéster líquida contiene un diluyente: el monómero de estireno, donde se encuentran las partículas de la resina, permitiendo la polimerización de las mismas, cuando comienza el proceso de gelificación. Al producirse la polimerización, parte del diluyente se evapora, teniendo como consecuencia la contracción de la resina. La resina, con el acelerador y catalizador, reacciona a temperatura ambiente, lo ideal son los 20° centígrados. Al endurecerse no es posible disolverla nuevamente, siendo la materia plástica termoestable. Es fuerte, durable y resistente. Los gases desprendidos por la resina son tóxicos, ya que los vapores del estireno, desprendidos en el proceso de gelificación son nocivos para el organismo requiriendo cuidados y precaución en su uso, .Existen diferentes tipos de resinas en el mercado, según su aplicación. Las náuticas, para coladas, transparentes, pre aceleradas, etc. Se pueden aplicar sobre diversas superficies, como moldes de siliconas, de yeso o de resina. También es posible su uso en

directo. Las superficies y elementos deben estar secas ya que la humedad inhibe el gelificado de la resina. Puede usarse en laminados con fibra de vidrio para reforzar superficies, por colada o para realizar inclusiones transparente. El poliéster insaturado, plástico termoestable o termofijo, comercialmente se consigue como un liquido espeso, de color amarillo, rosa, azul o café, turbio o transparente donde sus colores y características obedecen a su tipo, grado de preparación y uso recomendado.

Comúnmente se conocen pocos tipos de resinas poliéster diseñadas para obtener la máxima calidad y duración.

#### **4.2.1 Tipos de resina de poliéster.** Existen varios tipos de resinas de poliéster:

**POLIESTER ORTOFTALICO:** De buena resistencia mecánica pero con discreta resistencia química, al agua y a la temperatura, a medida que avanzamos las demás resinas se aumenta las resistencia química, al agua y a la temperatura, pero también se incrementa su costo.

Para manejar estos costos generalmente en la industria se trabaja aplicando por capas, diferentes resinas colando la resina mas resistente donde se tiene la mayor exigencia.

**POLIESTER TEREFTALICO:** Este posee respecto a las ortoftalicas, superior resistencia química excelente aceptación de cargas minerales, baja absorción de agua y superior en resistencia a altas temperaturas.

POLIESTER ISOFTALICO: Resina de mayor resistencia química, generalmente usada en la fabricación de artículos sometidos a la intemperie, en contacto con agua y/o ataque químico.

Al modificar las proporciones de materias primas o usando unas especiales, se logra ampliar cada tipo de resina mencionada anteriormente en tres:

RESINA RIGIDA: Su características son la resistencia química, mecánica y a la temperatura; A mayor rigidez mayor es la resistencia.

RESINA SEMIRIGIDA: Tienen mejor comportamiento a los impactos y las vibraciones.

RESINA FLEXIBLE: Tienen baja resistencia mecánica, química y al agua, generalmente se utilizan para modificar otras resinas.

Según su grado de preparación comercialmente se consiguen:

RESINAS BASICAS: Permiten ser modificadas a nuestro gusto, la adición de cargas, obtención de los tiempos de secado mas convenientes etc.

RESINAS PREPARADAS: Ya vienen listas para su uso según su aplicación, pueden encontrarse resinas preaceleradas o preaceleradas y tixotrópicas.

Son múltiples los tipos de resinas y sus combinaciones, la correcta selección influirá en las propiedades finales, costo y duración.

**4.2.1.1 Resina de poliéster tixotrópica.** [1]. La tixotropía es la propiedad que evita el chorreo de la resina cuando se trabaja en superficies inclinadas o verticales, este aspecto es importante para guardar el espesor de las capas. Al adicionar el aditivo tixotrópico a la resina, producto que comercialmente se llama AEROSIL, CABOSIL o WAKER ( Silica sublimada o pirogenada ), en proporciones que van del 0.5 % y el 6%, se obtiene una resina espesa cuando está en reposo y muy fluida y fácil de aplicar cuando está en movimiento. Una vez ha sido aplicada, ella se pega a las paredes evitando los chorreos que dañan la estética y la calidad de la pieza.

Las fabricas de resina, ofrecen al público resinas ya diseñadas. Las resinas generalmente ortoftálicas y tereftálicas vienen en dos versiones: preaceleradas (ya traen cobalto) y preaceleradas y tixotrópicas, osea que ya traen el aditivo tixotrópico, faltando solo la adición del MEK peróxido para su endurecimiento. Estos productos preparados deben agitarse antes de usarse, ya que con el almacenamiento prolongado, el aditivo tixotrópico se asienta, perdiendo homogeneidad.

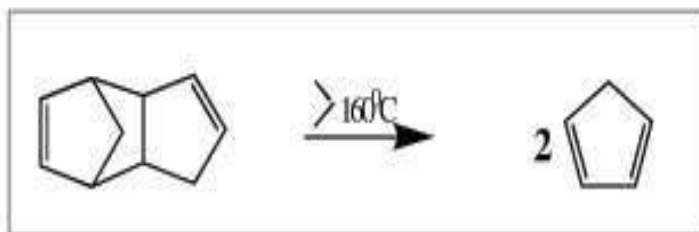
Los aditivos tixotrópicos, bajan la aceptación de cargas en las resinas, pero a su vez cuando se utilizan bajos porcentajes de carga, este aditivo estabiliza las cargas para que no se sedimenten.

**4.2.1.2 Resinas DCPD de bajo contenido en estireno.** [2]. Las resinas dicitopentadineicas DCPD, disfrutan de unos claros beneficios sobre las resinas

de poliéster insaturado estándar como una alta temperatura de distorsión al calor y buen aspecto exterior (de superficie) de las piezas acabadas..

El monómero dicitropentadieno se extrae durante el proceso de refinamiento del petróleo. Una característica del DCPD es que no es un monómero puro, sino que contiene diferentes cantidades de otros componentes como co-dímeros. La mayoría de estos dímeros reaccionarán con el resto de las materias primas durante la fabricación de la resina. La pureza habitual de los grados de DCPD varía entre 75% y 94%. Debido a las impurezas, el procesamiento de resinas DCPD necesita una atención especial para evitar reacciones secundarias no deseadas.

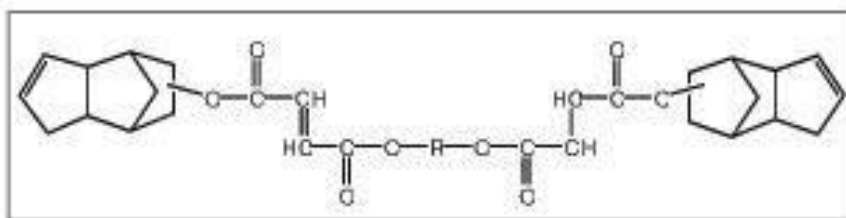
**Figura 1. Monómeros de dicitropentadieno y ciclopentadieno**



Hay varias formas de incorporar el monómero DCPD a la resina de poliéster “end-capped”. Independientemente del proceso, el monómero DCPD reacciona con anhídrido maleico y se sitúa al final de las cadenas de poliéster. Como el DCPD es final de cadena, el polímero se encadena a otra molécula hasta que se obtiene la longitud de cadena deseada, es decir, el peso molecular es inferior al de las resinas de poliéster estándar. El bajo peso molecular hace que las resinas

DCPD se disuelvan fácilmente en estireno monómero, y por tanto, es posible usar menos estireno para obtener la misma viscosidad de las resinas estándar.

**Figura 2. Estructura típica de resina DCPD. R= Cadena de polímero**



Hay varias características que se atribuyen habitualmente a las resinas DCPD. Las propiedades finales naturalmente dependen de la composición de la resina incluyendo las cantidades de DCPD y de estireno en el producto. Por ejemplo, los derivados de resinas de poliéster de DCPD normalmente tienen bajo peso molecular y se pueden usar con menos contenido en estireno. El bajo contenido en estireno disminuye la contracción durante el curado del laminado y la calidad final de la superficie será mejor que la de las resinas con alto contenido en estireno. Otra característica importante de las resinas DCPD es la posibilidad de controlar el curado (pico exotérmico) durante la laminación. Esto tiene como consecuencia que las resinas DCPD sean menos sensibles al grosor del laminado y que el curado final sea igualmente bueno.

Las propiedades típicas de las resinas de DCPD son:

- Baja viscosidad y por tanto posibilidad de un bajo contenido en estireno.

- Debido al bajo contenido en estireno, hay una emisión de estireno menor en comparación con las resinas de alto contenido en estireno y sin aditivos filmógenos.
- Buena mojabilidad de la fibra de vidrio y cargas incluso con un bajo contenido en estireno.
- Buena calidad de superficie de las piezas finales debido a la baja contracción de la resina.
- La fibra de vidrio es menos visible que en los laminados hechos con resinas estándar.
- Alta temperatura de distorsión.
- Permite tanto laminados finos como gruesos.
- Las resinas DCPD tienen un olor diferente.

**4.2.2 Endurecimiento y maduración.** Para que líquido espeso, tome la forma final y se endurezca, hace falta que ocurra una reacción química o proceso de endurecimiento, en el cual, la resina pasa de líquida a sólida desprendiendo calor, lo que se conoce como reacción exotérmica.

Para que ocurra el proceso de endurecimiento, es necesario someter al poliéster a temperatura, luz ultravioleta o agregar agentes químicos llamados aceleradores y catalizadores. Estos son los más usados en nuestro medio, por lo práctico y rápido del proceso.

Una vez se inicia el proceso, se reconocen tres estados en el mismo: Tiempo de gel, exotérmica y maduración. El tiempo de gel es el tiempo transcurrido entre la

adición de los agentes químicos (acelerador y catalizador) y la transformación de la resina en una forma gelatinosa. Este es el tiempo que tenemos disponible para vaciar o trabajar la resina. Una vez se pase el tiempo de gel, empieza a subir la temperatura (reacción exotérmica), llegando hasta un máximo donde se encuentre la temperatura y tiempo de exotérmica. Este es uno de los aspectos más importantes a controlar: si la temperatura de exotérmica es muy alta, se arriesga a dañar el molde o la pieza que estamos fabricando. Esta limitante, presente debido a que el poliéster no libera fácilmente el calor (aislante térmico). Luego de un tiempo durante, usualmente más de una hora, nuestro poliéster ya está a temperatura ambiente y posee una buena dureza. En este momento se puede sacar la pieza del molde. Contrario a lo que la mayoría piensa, la pieza en poliéster, aún no tiene todas sus propiedades mecánicas y su resistencia química, ya que le falta maduración. Esta se logra con el paso del tiempo, dejando la pieza varias semanas a temperatura ambiente o mediante el proceso de post curado. En este proceso, la pieza, se somete a temperatura, generalmente 3 horas a 80°C.

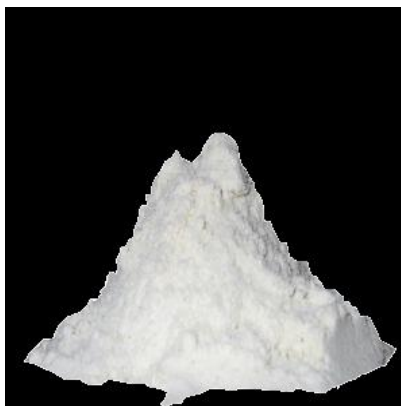
#### **4.3 CARGAS**

Las cargas, también llamadas rellenos, son elementos en polvo, que se utilizan mezclados con la resina para mejorar las propiedades del compuesto y/o bajar costos de fabricación.

Algunas cargas, aunque son económicas, al mezclarse con la resina, la secan mucho (alta viscosidad) haciendo inmanejable el compuesto.



**Figura 3. Carbonato de calcio**



**4.3.1 Carbonato de calcio.** Usado principalmente para bajar los costos del compuesto, disminuir la contracción y la exotermia. Generalmente se utiliza en malla 200. Es un producto que está constituido químicamente por  $\text{CaCO}_3$ , el cual se extrae de rocas calizas. Es el más abundante de las sales de calcio se encuentra en la tiza, piedra caliza y mármol y es uno de los principales constituyentes de corazas como cascara de huevos y de los moluscos y corales. La principal justificación para el uso de cargas minerales en la formulación del gel coat quizá sea la reducción del coeficiente de dilatación térmica y encogimiento de la resina en el curado. Esta contribución es importante en el caso de piezas planas y de espesor reducido; además el gel coat que contiene cargas inertes ayuda a controlar los problemas de pandeo.

El carbonato de calcio precipitado es un polvo blanco micro cristalino y fino, el carbonato de calcio es inodoro e insaboro y es estable en el aire. Es casi

insoluble en agua 0.065 en un litro de agua a 200 C; la principal propiedad química es la de neutralizar ácidos, es una propiedad común de todos los carbonatos.

El carbonato cálcico compite ventajosamente con otros minerales utilizados para cargas, por su precio mucho más bajo que la sílice micronizada, el talco, el caolín, la mica y la wollastonita. Constantemente se le abren nuevos campos de aplicación.

Los productos industriales del carbonato de calcio son casi tan variados como sus aplicaciones. El tamaño de grano es determinante en el precio. Para cargas se exige, en general, una elevada blancura y tamaño de grano comprendido entre 40-20 mm (masillas, brea de calafatear, sellantes, adhesivos) y 10-0.7 mm (papel, pinturas, plásticos, caucho). También hay especificaciones referentes a la absorción de aceite, superficie específica y peso específico aparente. En general, el carbonato de calcio es el mineral más importante para la industria del plástico.

El carbonato de calcio se caracteriza por las siguientes propiedades:

- Alta pureza, lo que deja de lado cualquier efecto catalítico adverso en el envejecimiento de los polímeros
- Alto grado de blancura
- Bajo índice de refracción, permitiendo tonos pastel y blancos

- Baja abrasividad, mejorando el tiempo de vida de las máquinas y equipos
- Buena dispersabilidad (particularmente en los grados recubiertos)
- Bajo costo

El carbonato de calcio ofrece a las pinturas un tratamiento superficial que hace que sus partículas sean hidrofobias, de forma que incrementen su compatibilidad en un medio orgánico facilitando su dispersión. En la tabla 1 se presentan las características fisicoquímicas del carbonato de calcio.

**Tabla 1. Características fisicoquímicas del agregado**

<b>CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS</b>	
$\text{CaCO}_3$	95.0 % min.
$\text{MgCO}_3$	2.0% máx.
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.30% máx.
$\text{SiO}_2$	2.0% máx.
Insolubles en ácido	2.0% máx.
Densidad aparente	1.10-1.20 g/ml
Humedad libre	0.50% máx.
Color	Blanco
Textura	Polvo Fino

## **5. METODOLOGIA EXPERIMENTAL**

### **5.1 SELECCIÓN DE MATERIALES**

Resina

- P-436tix preacelerada y con un agente tixotrópico

Catalizador

- Peróxido de metil etil cetona (MEKP)

Cargas

- Carbonato de Calcio (pasa malla 200)

Pigmentos

- Blanco

Todos los materiales fueron suministrados por RESIQUIM Cali.

### **5.2 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA**

El método que se utilizó inicialmente fue el de ensayo y error hasta llegar a la mezcla óptima para la aplicación. La preparación de la mezcla para la obtención del material a emplear es el siguiente:

- Se mezcló la resina de poliéster P436 tixotrópica con Carbonato de calcio (CaCo) en proporciones volumétricas adecuadas. Para realizar los ensayos se varió la concentración de Carbonato de Calcio en 30%,40%,65%.

- Se agitó hasta obtener una mezcla de aspecto adecuado. No se mezcló rápido ya que se forman burbujas que pueden afectar las propiedades finales del material.
- Se mezcló el producto obtenido con el pigmento en proporción del 5% en volumen este con respecto a la resina agitando hasta lograr un reparto homogéneo.
- Se mezcló el producto obtenido con el peróxido de metilcetona (MEK) en varias proporciones (1%,1.5%,2%) en volumen de este con respecto a la resina y se eligió la mas adecuada para la aplicación, se agitó hasta homogenizar bien.

Las mezclas con diferentes concentraciones cada una se aplicó sobre una pared repellada y se midió la cantidad de resina utilizada, se peso el recipiente con la mezcla antes y después de aplicar la resina. Se observó que el mejor acabado en la pared lo dio la mezcla con 65% de carbonato de calcio y 1.5% de MEKP. A esta mezcla se le realizaron los diferentes ensayos para evaluar su comportamiento.

### 5.3 CARACTERIZACIÓN DE LA RESINA P436 Y LA MEZCLA OPTIMA

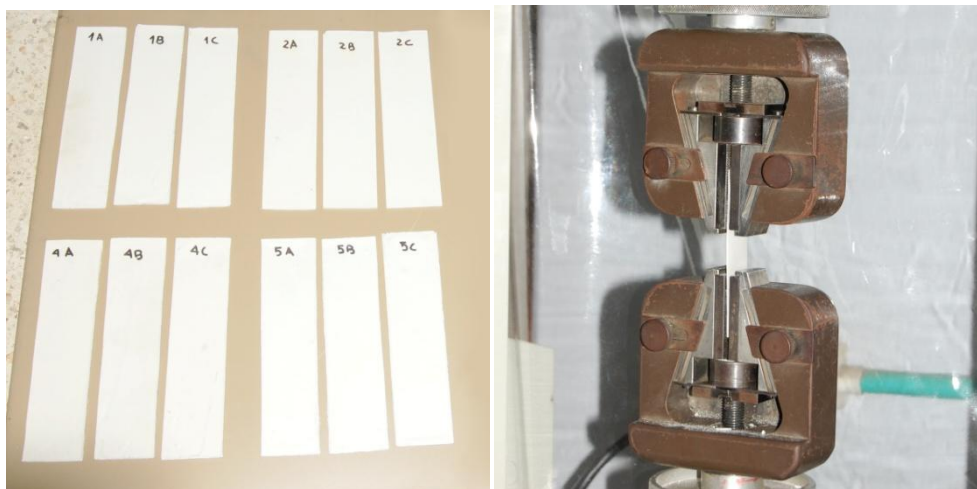
**5.3.1. Prueba Térmica ( Ensayo de curado).** Mediante el ensayo de curado descrito en la norma ASTM D-2471 [1 ], se obtuvo el tiempo de gel y la temperatura máxima de la resina, para decidir que porcentaje de MEKP es el mas adecuado para nuestro propósito. Utilizando tres probetas para la resina P 436. Este ensayo consistió en pesar 100 g de resina a la cual se le adicionó el porcentaje correspondiente de MEKP (1%,1.5%,2%); inmediatamente después de la mezcla se registraron datos de temperatura cada 3 min. Se elaboró graficas de temperatura vs tiempo y el tiempo de gel fue determinado como el tiempo en que la resina, después de ser catalizada, pasa a ser un liquido muy viscoso con aspecto de caucho blando y elástico , la temperatura máxima correspondió al valor más alto de temperatura registrado durante el ensayo y el tiempo de curado se determino como el tiempo en que la probeta llego a la temperatura máxima.

**5.3.2. Pruebas mecánicas** Se realizaron pruebas mecánicas de tensión y flexión en una maquina de ensayos universales JJ INSTRUMENT; Para el ensayo de tensión se elaboraron probetas con forma lamina de 25 x 100 x 1 mm (figura 5.1); de acuerdo con la norma ASTM D888-10 [2]; para flexión las probetas tenían forma de lamina rectangular de 5.08 x 1.27 x 1 mm según la norma NTC 3201 [3],. Ambos tipos láminas se prepararon en moldes de balsa de 1 mm de espesor, las probetas eran desmoldadas 40 min después del vaciado;

una vez transcurridas 48 h después de ser desmoldadas estas eran sometidas a un proceso de postcurado en el horno a 80 °C durante 3h.

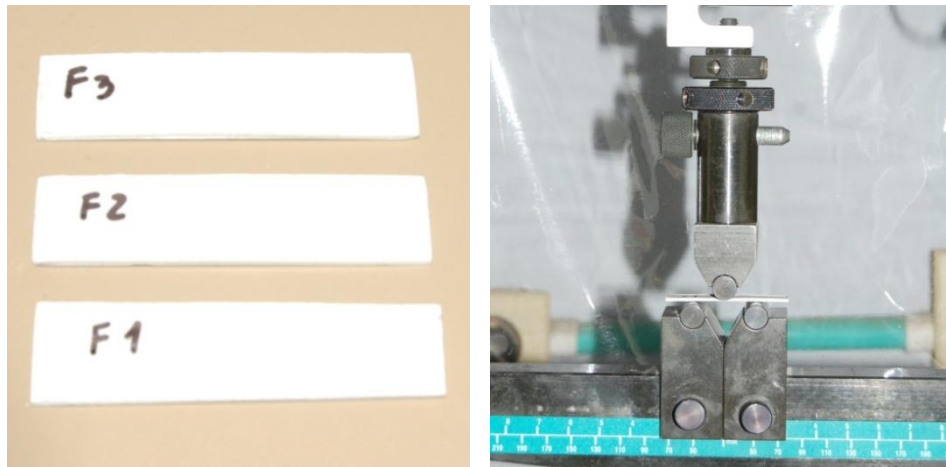
**5.3.2.1. Ensayo de tensión** El ensayo de tensión se realizó de acuerdo con la norma ASTM D- D888-10 para lo cual se hicieron cinco probetas por resina, la velocidad de aplicación de carga fue 2 mm/min y se registraron datos de carga y desplazamiento.

**Figura 4. Probeta de tensión**



**5.3.2.2. Ensayo de flexión** El ensayo de flexión se realizó de acuerdo con la norma NTC 3201 [3]; para el cual fueron elaboradas cinco probetas por resina, la velocidad de aplicación de carga fue 1 mm/min y se registraron datos de carga y deflexión.

**Figura 5. Probeta de flexión**



**5.3.2.3 Ensayo de adherencia.** Se mide la resistencia del material a ser despegado de la superficie de aplicación donde se uso un mortero 1:3 simulando un repello con arena mediana que pasa la malla 60, Los valores de la resistencia de la mezcla evaluados se reportan en la Tabla 4.

La tensión máxima indicada por la maquina de ensayo en el momento de la ruptura según un promedio indica la resistencia de la mezcla en MPa.

Se busca con este ensayo determinar la adherencia, siguiendo el procedimiento determinado para la unión entre dos muestras de cubos de área conocida ( $5\text{ cm} * 5\text{ cm}$ ), a las cuales se les determinara la resistencia a la adherencia mediante la maquina de ensayo a tracción.

Este ensayo tiene por objetivo conocer la adherencia de la mezcla a la pared siguiendo un procedimiento no estandarizado aunque utiliza elementos del



ensayo de tracción para morteros descritos en la norma NTC 4382, básicamente en la forma, el moldeo y el ensayo de la probeta.

La mezcla se aplica sobre cada cara del paramento que se va a ensayar y se unen, se dejan en ambiente 48 horas y luego se llevan al horno a 80°C por tres horas, se dejan acondicionar a temperatura ambiente, y se llevan a la maquina la cual sujeta las dos partes unidas por la mezcla provocando una tensión a una carga continua a una velocidad de 1 mm/min.

**Figura 6. Probeta antes y después del ensayo de adherencia**



**5.3.3 Pruebas Químicas (Resistencia Química).** Se uso el mismo tipo de probeta del ensayo de tracción, se acondicionaron y se pesaron las muestras y luego se sumergieron en diferentes ácidos por 7 días de acuerdo con la NTC 1027 [5], después de este tiempo se sacaron, secaron y se pesaron registrando el porcentaje de pérdida o ganancia de material.

**Figura 7. Ensayo resistencia química**



#### **5.3.4. Pruebas Físicas**

**5.3.4.1 Viscosidad.** Esta prueba se realizó en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería de Materiales de la Universidad del Valle. Se determinó la viscosidad del estuco, utilizando el viscosímetro de Brookfield. El ensayo está basado en la norma ASTM-D170 [6], resultados se muestran en la Tabla N° 4.

**5.3.4.2 Densidad.** La densidad de la resina y la mezcla se realizó por el método de empuje hidrostático (método de Arquímedes) acorde con la norma ASTM D2548 [6] para el cual se usaron tres probetas por resina; este consiste en evaluar la diferencia de peso de un cuerpo y el empuje que ocasiona al sumergirlo en un líquido de peso específico conocido. Esta diferencia es proporcional al volumen de líquido que desplaza y a su vez equivale al volumen

del cuerpo. La densidad real se calcula como el peso del material entre el volumen de agua desplazado por este con la ecuación.

$$\rho = m/v$$

Donde:

$\rho$  = densidad (gr/ cm<sup>3</sup>)

m = peso de la resina curada (gr)

v = volumen desplazado por la resina curada (cm<sup>3</sup>)

**5.3.4.3. Contracción.** Para medir la contracción que sufre cada una de las resinas durante el proceso de curado se adicionó 100 gramos a tres probetas de cada resina catalizadas al 1,5% en un molde cilíndrico de 5 cm de diámetro (di) y 6 cm de altura. Después del curado de la resina (aproximadamente 40 min.) se midió el diámetro de la probeta (df) y el porcentaje de contracción se calculó con la siguiente ecuación .

$$\% \text{ de contracción} = \left( \frac{d_i - d_f}{d_i} \right) * 100$$

Donde

di :diámetro inicial y

df :diámetro final.

## 5.4 METODO DE APLICACION

La mezcla optima que se encontró se encuentra en la tabla2. A esta mezcla se le realizó los ensayos finales para su caracterización.

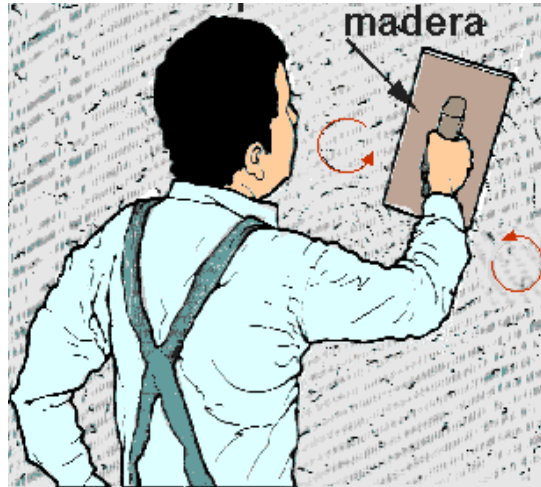
**Tabla 2. Porcentajes de la mezcla optima**

INGREDIENTE	PORCENTAJE %
RESINA P 436 TIX	65
CARBONATO DE CALCIO	30
PIGMENTO	5
MEK	1.5

El método de aplicación se realizo asi:

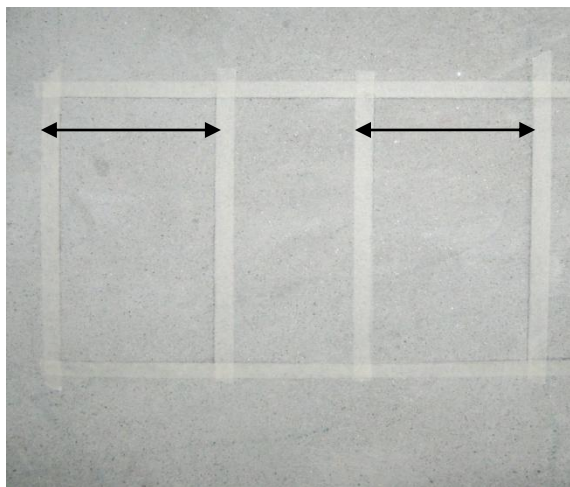
1 PASO: Se lijó bien la superficie y eliminó arenas que sobresalían, ya que la capa que se aplicó fue de un espesor aproximado de 0.5 mm que este cubrió de manera homogénea la superficie dejandola lisa y suave .

**Figura 8. Preparacion de superficie**



2 PASO: Se marco con cinta de enmascarar la superficie simulando el tamaño de la cerámica, pero se debe hacer la demarcación intercaladamente, para tener continuidad y control en la aplicación. Se puede demarcar toda la pared sobre la que vamos a trabajar.

**Figura 9. Demarcación de superficie**



PASO 3: Se tomo una cantidad aproximada de 1400 gramos de mezcla, para aplicar a un metro cuadrado, Se agrego el catalizador y se mezclo, lista la mezcla se aplica sobre la superficie, y así sucesivamente metro por metro cuadrados hasta terminar, se tubo en cuenta el tiempo de gel de la mezcla.

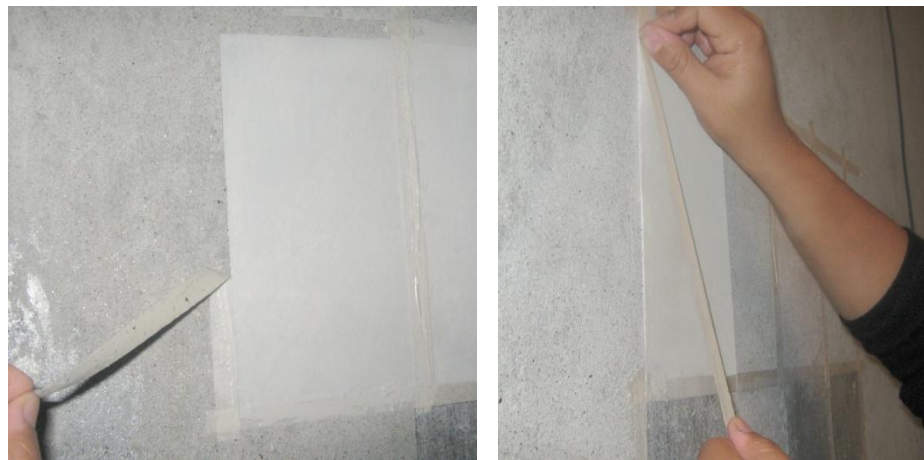
**Figura 10. Preparación y aplicación de la mezcla**





Paso 4: Se esperó un tiempo prudencial aproximado de 30 minutos que puede pasar mientras se esta aplicando la resina al resto de pared, se retiró la cinta de enmascarar que demarca la pared, se lijo el contorno del recubrimiento y se inicio la nueva demarcación de los espacios que dejamos al inicio. La cinta se debe pegar encima de la primera aplicación ya gelada .

**Figura 11. Preparación segunda aplicación de la mezcla**



Paso 5: Se retiró la cinta de enmascarar y se lijó sutilmente la pequeña rebaba que quedó después de la segunda aplicación y la pared quedo lista, se puede



variar el porcentaje de pigmento sin excederse para obtener diferentes tonalidades.

**Figura 12. Diferentes tipos de tonalidades**



**5.4.1. Espesor de la capa.** El espesor de la capa se midió con micrómetro, la capa se arrancó de la pared por medio de un bisturí, ya que estaba muy adherido se logró sacar varias muestras de área 5mm \* 5mm y se hizo un promedio de espesor de capa de 0.6 mm aproximadamente.

**Figura 13. Medida de espesor**



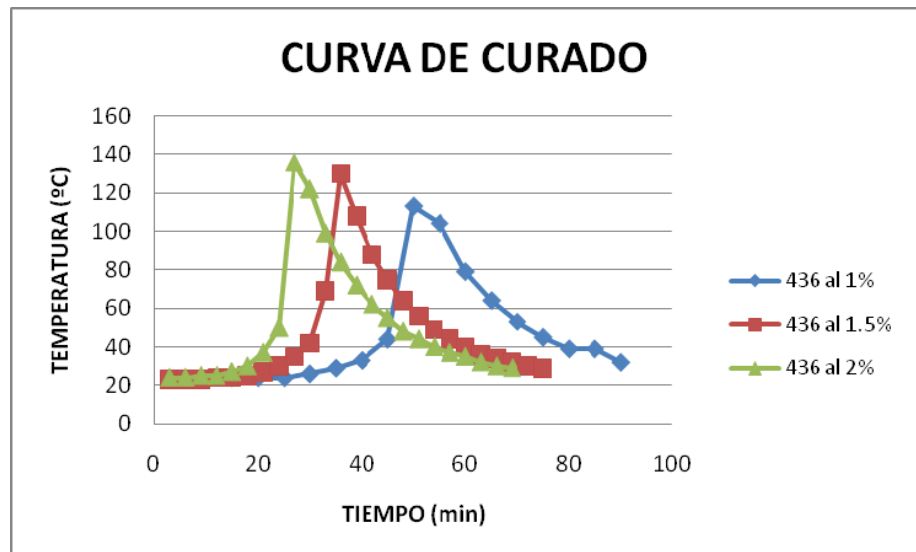
## 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 6.1. MATERIA PRIMA

#### 6.1.1. RESINA DE POLIESTER P436 TIXOTROPICA

En la tabla 4. se observan los tiempos de gel ( $t_{gel}$ ), y de curado ( $t_c$ ) y la temperatura máxima ( $T_{m\acute{a}x}$ ) de la resinas poliéster 436 tix; la figura 4.1 muestra el gráfico de las curvas de curado de la resina con diferentes porcentajes de MEKP.

Figura 14. Curvas de curado resina P436



**Tabla 3. Tiempos de gel Resina P436**

<b>Resina P436 tixotropica</b>			
<b><i>MEKP</i></b>	<b><i>Tg (min)</i></b>	<b><i>Tc ( min )</i></b>	<b><i>Tmax (°C)</i></b>
<b>1</b>	<b>26</b>	<b>55</b>	<b>115</b>
<b>1.5</b>	<b>19</b>	<b>38</b>	<b>136</b>
<b>2</b>	<b>10</b>	<b>26</b>	<b>145</b>

En la figura 13 se observa que los tiempos de gel y curado disminuyen al aumentar el porcentaje de catalizador. La resina P-436tix presento mayores tiempos de gel que una resina estándar debido a que tiene un bajo contenido de estireno y baja densidad por lo que la separación de las cadenas es mayor necesitando más tiempo para reticular. El tiempo de gel, es muy importante porque permitió saber de cuanto tiempo se dispone para aplicar la mezcla antes de que empiece a aumentar la viscosidad y disminuya su trabajabilidad. Es por esto que se opto por trabajar con 1.5% de catalizador, ya que el 2% de catalizador nos da muy poco tiempo antes de gelar( 10 minutos), y el 1% de catalizador 26 minutos.

**Tabla 4. Propiedades de la Resina P436.**

<b>Resina P436                    tixotropica</b>	
<b>Densidad (g/cm<sub>3</sub>)</b>	<b>1,21</b>
<b>% contraccion</b>	<b>3,55</b>
<b>Esfuerzo traccion (Mpa)</b>	<b>39,85</b>
<b>Esfuerzo tension (Mpa)</b>	<b>74,5</b>
<b>% absorcion de agua 24 h</b>	<b>0,25</b>
<b>Viscosidad cps</b>	<b>1536</b>

#### **6.1.2 MEZCLA OPTIMA**

Este tipo de resina de poliéster DCPD tixotropica adicionada con carbonato de calcio se destinó especialmente para aplicarse en paredes de baños y cocinas en viviendas de interés social, ya que solo se necesitó de pequeñas cantidades de mezcla para su aplicación y se obtuvo buena calidad y precio en comparación con la cerámica tradicional, casi la mitad de precio.. Se seleccionó la resina de poliéster P436 con el 65% en carga de carbonato de calcio, pigmento al 5%, catalizador mek proxido 1.5% y se obtuvo una mezcla con gran viscosidad la cual permitió tapar los poros de la pared logrando una textura mas uniforme, excelente acabado y buena adherencia; este fué el porcentaje óptimo encontrado para la aplicación. teniendo en cuenta el tiempo de gel, que dió el tiempo de trabajo adecuado.

Porcentajes menores de carga copian la superficie mostrándo un mal acabado.

**Tabla 5. Tiempos de gel de la mezcla**

<b>Mezcla (P436 + CaCO<sub>3</sub>)</b>			
<b>MEKP</b>	<b>T<sub>g</sub> (min)</b>	<b>T<sub>c</sub> ( min )</b>	<b>T<sub>max</sub> (°C)</b>
<b>1,50%</b>	<b>18</b>	<b>40</b>	<b>33.5</b>

Se observó el tiempo de gel que llego ha 18 minutos que fue un tiempo prudencial para realizar la aplicación, su temperatura máxima disminuyo a 33.5 °C, esto debido al porcentaje de carbonato de calcio en la mezcla.

**Tabla 6. Propiedades de la mezcla**

<b>MEZCLA OPTIMA</b>	
<b>R.P436+65%CaCO<sub>3</sub>+5%PIG</b>	
<b>Densidad (g/cm<sub>3</sub>)</b>	<b>2,11</b>
<b>% contraccion</b>	<b>2,01</b>
<b>Esfuerzo traccion (Mpa)</b>	<b>52,37</b>
<b>Esfuerzo tension (Mpa)</b>	<b>120,68</b>
<b>% absorcion de agua 24 h</b>	<b>0,095</b>
<b>viscosidad cps</b>	<b>18500</b>
<b>Adherencia (Mpa)</b>	<b>0,53</b>

En la tabla 6 se pudo apreciar que la densidad del compuesto incrementó respecto a la resina de poliéster P436 sola, esto se debe a que se tiene gran cantidad carbonato de calcio en comparación con la resina, por ende menos cantidad de resina para curar y liberar estireno lo que hace también que tenga una baja contracción con respecto a la resina sola. En la tabla 6 se mostraron los resultados del ensayo de tensión para la mezcla de resina de poliéster con carbonato de calcio, en los cuales se observó un incremento del esfuerzo de tracción (ver ANEXO 2 Y 3) respecto a la resina pura y que el esfuerzo de flexión aumentó notablemente (ver ANEXO 3 Y 4) hasta 120,68 MPa, esto debido a el porcentaje de carbonato de calcio el cual incrementa la resistencia mecánica del material principalmente, por dos factores; incremento en la viscosidad del medio; originado por la inclusión de las partículas minerales y a la disminución de la movilidad de las cadenas poliméricas.

También se pudo ver que la adherencia está en 5.3%, es decir se encuentra en los límites de aceptación, comparados con diferentes tipos de adhesivos para cerámica.

En las medidas de viscosidad se obtuvo un rango bien alto debido al gran porcentaje de carbonato de calcio y al comportamiento tixotrópico de la resina de poliéster P436,

esta viscosidad fue un factor muy importante que se necesitó para la aplicación y el goteo. Esta mezcla tixotrópica, garantizó una mejor aplicación en la pared evitando el chorreo, luego la viscosidad se recuperó después de la aplicación.



**Tabla 7. Viscosidad de Resina P436 y mezcla**

436 Tix		P 436 +65% CaCO <sub>3</sub>
Velocidad (rpm)	Viscosidad (Cp)	Viscosidad (Cp)
20	1536	18500
30	1259	16900
50	1018	14594
60	970,7	13467
100	880	10176
60	965	12773
50	1005	13776
30	1141	16160
20	1328	17680

Spindle 2

spindle 6

**Tabla 8. Resistencia química de la mezcla optima**

Medio	% perdida en peso	Ataque
Hipoclorito de sodio	0.1813	+ N
Acido Cítrico	-2,6030	/ L
Cloruro de Amonio	-0,5328	/ N
Acido Láctico	-2.7491	/ L
Acido clorhídrico	-4,7109	/ L

e



**Tabla 9. Tabla de resistencia química**

<b>+</b> = el espécimen es resistente	Dilatación <b>&lt; 3 %</b> o pérdida de peso <b>&lt; 0.5%</b>
<b>/</b> = el espécimen tiene resistencia limitada	Dilatación <b>3-8 %</b> o pérdida de peso <b>0.5-5 %</b>
<b>—</b> = el espécimen no es resistente	Dilatación <b>&gt; 8 %</b> o pérdida de peso <b>&gt; 5 %</b>

Se pudo observar en la tabla 8 que la resistencia en los diferentes medios fue limitada, ya que la mezcla mostró para el ácido clorhídrico un porcentaje de pérdida en masa de 4.7 %, según la tabla 9 señala una resistencia limitada y casi que a resistencia nula. En los otros medios se observó una resistencia limitada.

## **7. ESTUDIO ECONÓMICO**

En todo trabajo se necesita la realización de un estudio económico para determinar si es rentable o no rentable la ejecución de este. Se necesita de una planeación para seleccionar los elementos como materia prima, equipo o herramientas y la mano de obra para este tipo de trabajo.

**Tabla 10. Costo de la mezcla por m2**

<b>Materia prima</b>	<b>Costo \$</b>
<b>R. P436 tix (35%)</b>	<b>3253</b>
<b>CaCO3 ( 65%)</b>	<b>910</b>
<b>Pigmento (5%)</b>	<b>612</b>
<b>MEK (1,5%)</b>	<b>91</b>
<b>Valor metro cuadrado</b>	<b>4866</b>

## **7.1 CONSIDERACIONES**

Para la aplicación de este tipo de mezcla se debe de tener en cuenta la materia prima, el equipo adecuado para la ejecución y la mano de obra calificada para la mejor calidad de la manufactura de las mismas. En los materiales se deben de tener en cuenta el material directo como el material indirecto. La mano de obra, esta es la parte vital de la realización del trabajo por ello forma parte de las consideraciones del estudio económico. El puesto de trabajo se le evalúa según la preparación, experiencia y la habilidad para ejecutar el trabajo.

## **7.2 Beneficios del uso de resina p436**

La resina representa, ahorro económico ya que 1 metro cuadrado de esta resina cuesta casi la mitad de lo que vale la cerámica tradicional, con unas propiedades buenas y un buen acabado es fácil de aplicar.

## **8. INFORMACIÓN DE SALUD INDUSTRIAL**

En cualquier tipo de trabajo, la salud y seguridad de los trabajadores es lo primero, para ello es necesario conocer lo básico para poder realizar la aplicación de la mezcla.

Condiciones de trabajo:

- Lugar ventilado.

- Se recomienda usar máscara de carbón activado para protección, sobre todo en el caso de trabajar con grandes volúmenes.
- El material siempre debe ser manipulado con precaución,
- Es necesario tener cuidado de no mezclar los goteros usados para el catalizador y el acelerador.
- Debe prestarse especial atención a eliminar la humedad de los elementos de trabajo ya que el agua inhibe el proceso de gelificación de la resina.

El equipo de protección personal se puede definir como “es el equipo que está diseñado para proteger a los empleados en el lugar de trabajo de lesiones o enfermedades serias que puedan resultar del contacto con peligros químicos, radiológicos, físicos, eléctricos, mecánicos u otros. El personal que esté realizando la aplicación de la mezcla de tener el equipo de protección personal básica y así evitar cualquier accidente en el trabajo. Este lo componen:

- Casco: protección por cualquier lesión en el cráneo.
- Lentes o gafas de seguridad: por cualquier salpicadura de material u objeto extraño en los ojos.
- Guantes: sirven para proteger las manos por cualquier corte, líquido abrasivo, incrustaciones de objetos extraños, etc.
- Zapatos industriales: se les conoce también como zapatos de seguridad, estos sirven para protección del pie por cualquier caída de objeto pesado punzante.

- Mascarilla: este sirve al trabajador para no inhalar humos tóxicos o partículas nocivas a la salud del trabajador.
- Overoles: sirve para cubrir el área del pecho o el cuerpo entero por cualquier derrame de líquido,

## **Derrames**

En el manejo de sustancias como la resina, catalizadores, promotores, y toda sustancia líquida que se trabaja. se tiene que tener precaución para no derramar y contaminar el área de trabajo. Si hay un derrame de resina se recomienda echar arena u otro material que sea absorbente, removerlo y meterlo en un contenedor. Los residuos que se queden en el piso deben de ser limpiados con agua jabonosa caliente.

Cualquier sustancia que sea inflamable se tiene que limpiar por cualquier ignición y causar accidente. Las buenas prácticas de manufactura lo debe tener presente el personal de trabajo.

## **8.2 Información de desechos y medio ambiente**

En todo lugar de trabajo los desechos industriales tienen que estar de acuerdo con las leyes locales, provinciales, estatales o cualquier entidad que aplique la regulación de los desechos para no afectar el medio ambiente ya que se manejan productos contaminantes para el entorno. Estos materiales son catalogados tóxicos y deben de ser tratados según referencia que da en la ficha técnica de cada sustancia.

## 9. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el anterior en el presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

- En la mezcla de la resina con el carbonato se obtuvo excelentes resultados en resistencia a la tracción y flexión comparados con las especificaciones de la cerámica.
- Se obtuvo una mezcla óptima con unas cantidades específicas de resina, carbonato de calcio, pigmento y catalizador, que dio un buen acabado y cubrimiento.
- La resina de poliéster tixotrópica adicionada con carbonato de calcio se puede usar para aplicaciones a paredes de baños y cocinas en viviendas de interés social, debido a que no solo presenta buen acabado, buena resistencia mecánica, aceptable resistencia química sino también bajo costo.

## 10. REFERENCIAS

- [1] DIEZ PAJON, Agustín M. SUIN SA suministros industriales, Medellín, 2002. 11-12, 25 p.
  
- [2] ASTM D-2471-99 Standard Test Method for Gel Time and PeakothermalTemperature of Reacting Thermosetting Resins, EUA, 2008. 7p
  
- [3] ASTM D882 – 10 Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting , 2012. 10 p
  
- [4] NTC 3201 Métodos de ensayos normalizados para determinar las propiedades de flexión de plásticos reforzados y no reforzados y de materiales aislantes eléctricos, Colombia, 1999, 18 p
  
- [5] NTC 1027 Plásticos, Determinación de los efectos de productos químicos líquidos, incluyendo el agua en materiales, 1997. 18 p
  
- [6] NTC 4382 Cerámico. Especificación para morteros cola de cemento portland,2000..25p
  
- [7] ASTM D-1084-08 Standard Test Methods for Viscosity of Adhesives,2012. 5 p
  
- [8] ASTM D-2548 Standard density and fiber volume fraction for composite, EUA, 2007. 10p.

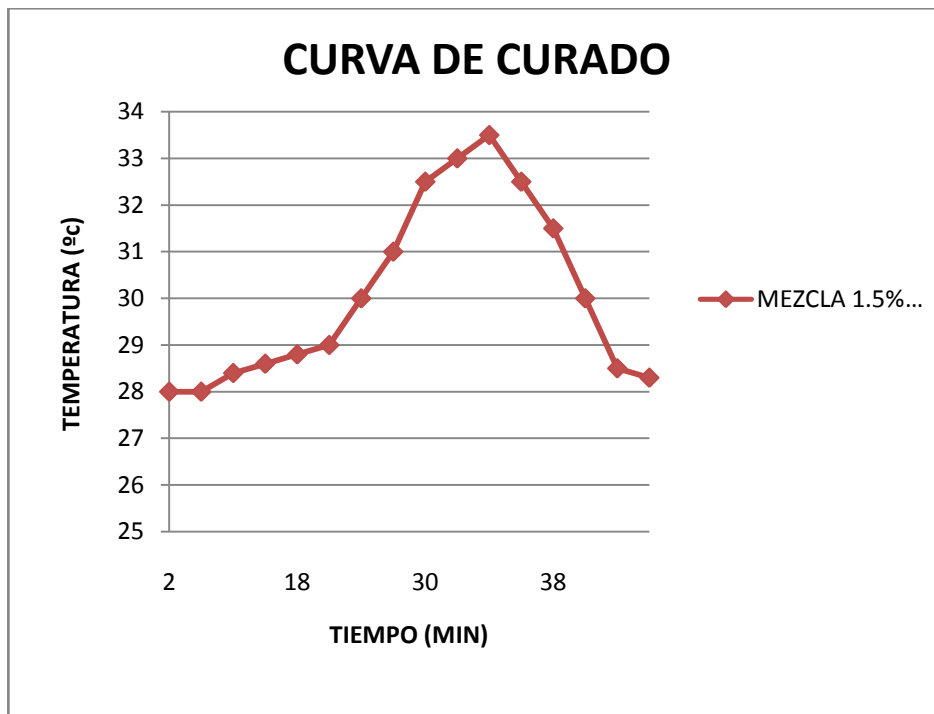




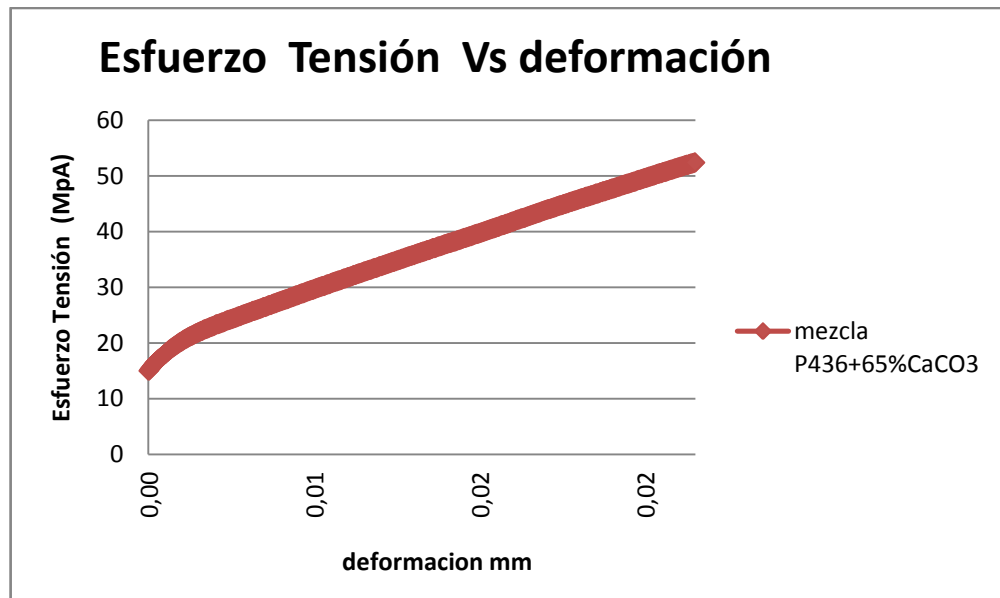
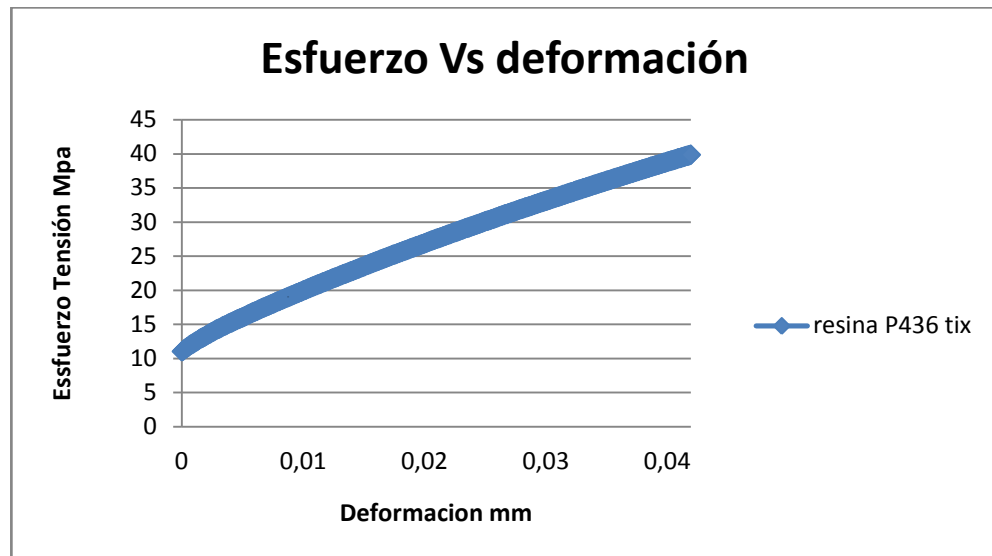


## ANEXOS

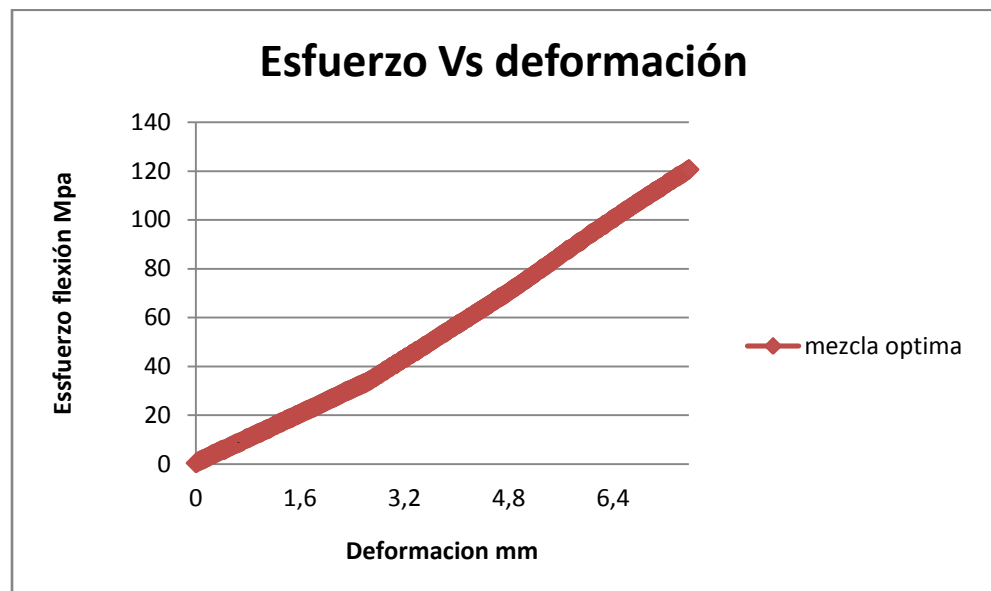
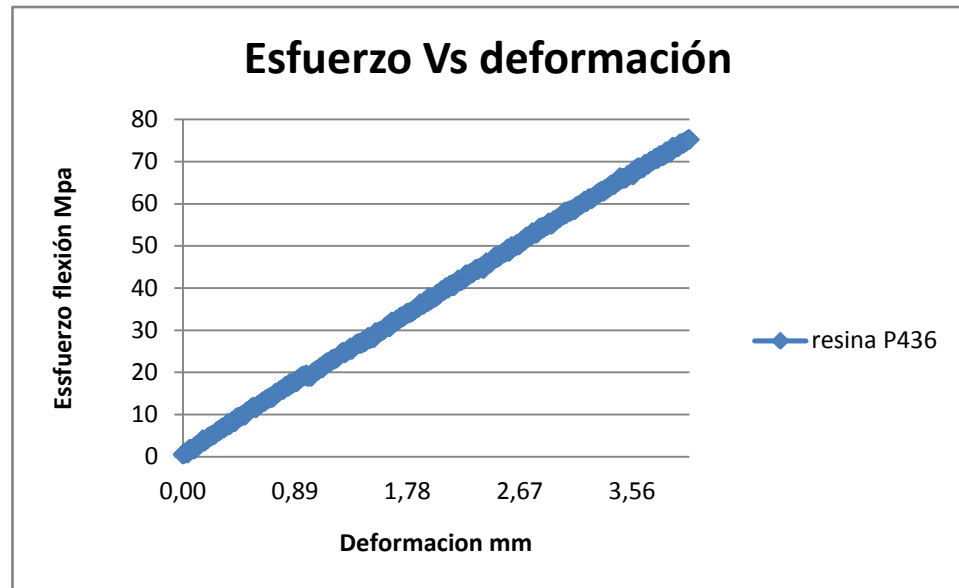
### ANEXO 1. CURVA DE CURADO DE LA MEZCLA



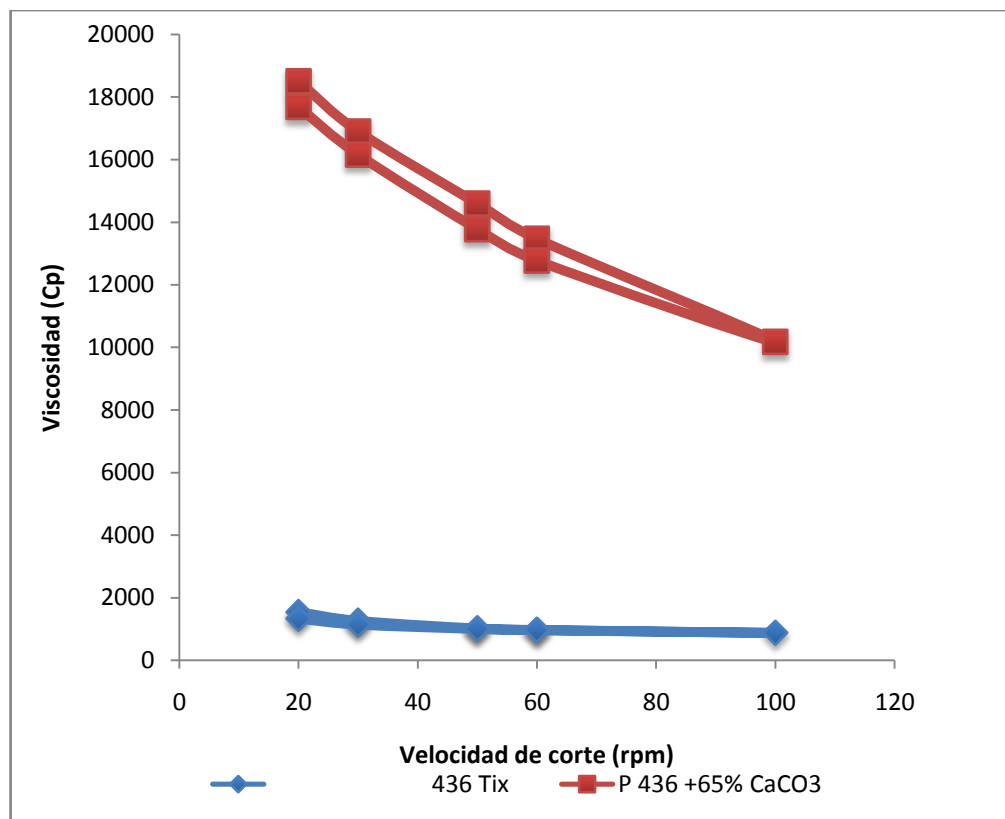
**ANEXO 2. RESISTENCIA A LA TRACCION DE LA RESINA P436 TIX Y  
DE LA MEZCLA.**



### ANEXO 3. RESISTENCIA A LA FLEXION DE LA RESINA P436 TIX Y DE LA MEZCLA.



**ANEXO 4. VISCOSIDAD DE LA RESINA P436 TIX Y  
DE LA MEZCLA.**



## **LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1. Monómeros de dicitlopentadieno y ciclopentadieno</b>	<b>25</b>
<b>Figura 2. Estructura típica de resina DCPD.</b>	<b>26</b>
<b>Figura 3. Carbonato de calcio</b>	<b>29</b>
<b>Figura 4. Probeta de tensión</b>	<b>35</b>
<b>Figura 5. Probeta de flexión</b>	<b>36</b>
<b>Figura 6. Antes y después del ensayo de adherencia.</b>	<b>37</b>
<b>Figura 7. Ensayo de resistencia química</b>	<b>38</b>
<b>Figura 8. Preparacion de superficie</b>	<b>41</b>
<b>Figura 9. Demarcacion de la superficie</b>	<b>41</b>
<b>Figura 10.Preparación y aplicación de la mezcla</b>	<b>42</b>
<b>Figura 1.1.Preparacion para la segunda aplicación</b>	<b>44</b>
<b>Figura 12. Diferentes tipòs de tonalidades</b>	<b>45</b>
<b>Figura 13. Medida de espesor</b>	<b>45</b>
<b>Figura 14. Curvas de curado resina P436</b>	<b>46</b>